

Hinweise für eine baumbiologisch orientierte und schonende Baumpflege auf Basis des CODIT-Prinzips

Dirk Dujesiefken

Einleitung

Bäume sind an ein Leben im Wald optimal angepasst. Damit sie auch an Straßenstandorten langfristig vital und gesund bleiben und so ihre ästhetische Wirkung und ökologischen Funktionen (u. a. Klimaschutz) entfalten können, müssen sie korrekt gepflanzt, erzogen und kontinuierlich durch ausgebildetes Fachpersonal gepflegt werden.

Der fachgerechte Umgang mit Bäumen ist auch hinsichtlich der Verkehrssicherheit, der Nachhaltigkeit sowie der Wirtschaftlichkeit sehr wichtig, da sie andernfalls einer vermehrten Kontrolle, Untersuchungen und Pflege bedürfen. Weiterhin können kürzere Standzeiten sowie vorzeitige Kosten für Ersatzpflanzungen die Folge sein. Für den fachgerechten Umgang sind deshalb umfassende Kenntnisse über die Biologie der Bäume und deren Reaktionen auf Schädigungen, speziell Verletzungen, von Bedeutung.

Baumbiologie

Bäume sind mehrjährige, verholzende Pflanzen und bestehen aus Wurzeln, Stamm und Krone. Aufgrund ihrer Langlebigkeit und Größe sind sie besondere Lebewesen. Einige Arten haben das Potenzial, mehrere Tausend Jahre alt und/oder über 100 m hoch zu werden. Um diese Dimensionen erreichen zu können, haben Bäume spezielle Strukturen und Gewebe ausgebildet. Bäume bestehen im Wesentlichen aus Rinde (Borke und Bast), Kambium, Holz (Splintholz und ggf. Kernholz) und der Markröhre (Abb.1).

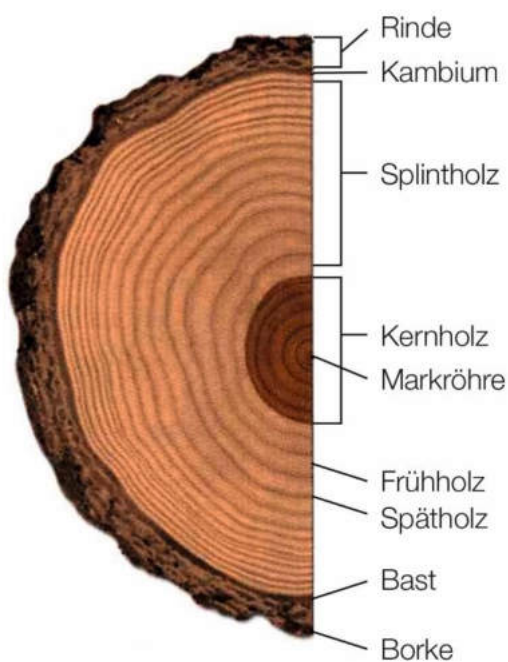


Abb. 1: Bäume sind aus Rinde (Borke und Bast), Kambium und Holz (Splintholz und ggf. Kernholz sowie der Markröhre) aufgebaut.

Die **Rinde** ist die äußere Hülle des Baumes und umschließt Äste, Stamm und Wurzeln. Sie besteht aus der toten Borke als äußerem Abschlussgewebe, die den Stamm vor schädlichen Umwelteinflüssen schützt, z. B. vor Hitze, UV-Einstrahlung sowie biotischen und mechanischen Schäden. Der lebende Bast ist der innere, damit jüngere Teil der Rinde. Er dient vor allem dem Transport der in den Blättern bzw. Nadeln gebildeten Assimilate von der Krone bis in die Wurzeln.

Das **Holz** bildet den größten Anteil des Baumes. Es hat drei wichtige Funktionen: den Transport von Wasser und Nährstoffen von der Wurzel bis in die Krone, die Speicherung von Reservestoffen und die Stabilität des Baumes. Das vom Baum gebildete Holz besteht im Wesentlichen aus den Kohlenhydraten Cellulose und Hemicellulosen sowie dem Lignin. Durch die Kombination der zugfesten Cellulose und der Hemicellulosen mit den druckfesten Ligninen entsteht ein festes Dauergewebe.

Das Splintholz dient vorzugsweise der Leitung und der Speicherung von Reservestoffen und ist der jüngste, physiologisch aktive Teil des Holzes im Baum. Es umgibt das Kernholz und reicht bis an das Kambium.

Das im Inneren vorhandene (echte) Kernholz kommt bei vielen Baumarten vor, z. B. bei Eichen und Robinien. Dieses Kernholz bildet im Querschnitt einen gegenüber dem Splintholz regelmäßig und scharf abgegrenzten Bereich. Bei der Verkernung handelt es sich um einen genetisch gesteuerten Vorgang, bei dem die lebenden Parenchymzellen mit zunehmendem Alter des Holzes absterben und somit inaktiv werden. Die Zellwände des umliegenden Holzes werden dabei mit verschiedenartigen, auch pilzwidrigen Substanzen imprägniert. Hierdurch erhält das echte Kernholz i. d. R. eine erhöhte natürliche Dauerhaftigkeit.

Andere Baumarten bilden einen sog. Falschkern, z. B. Buchen oder Eschen. Die Eigenschaften unterscheiden sich von dem echten, dauerhaften Kernholz. Unter bestimmten Voraussetzungen (z. B. Stress, Verwundung oder höheres Baumalter) kann es bei diesen Arten zu einer Farbkernbildung mit unregelmäßigen Formen und oft wolkigen Ausprägungen auf dem Querschnitt kommen (z. B. Buchen-Rotkern). Auch hier sterben die lebenden Parenchymzellen ab und bilden dabei verschiedene Substanzen, z. B. Phenole, die das betroffene Holz verfärben. Diese Substanzen dringen i. d. R. nicht in die Zellwand ein, sondern lagern überwiegend auf der Zellwand auf. Eine Erhöhung der Dauerhaftigkeit erfolgt dabei i. d. R. nicht.

Das **Kambium** befindet sich zwischen Bast und Holz. Dieses Wachstumsgewebe bildet nach innen Holzzellen und nach außen Bastzellen. Das Kambium erzeugt jedes Jahr während der Vegetationsperiode Holz- und Bastzellen.

Das **Mark**, auch Markröhre genannt, als innerster Teil des Baumes befindet sich im Zentrum des Stammes oder Astes besteht aus Primärgewebe.

Die **Anatomie des Holzes** ist bei Nadel- und Laubbäumen unterschiedlich. Das Holz von Nadelbäumen besteht überwiegend aus lang gestreckten Zellen, den Tracheiden, die zugleich dem Wassertransport und der Festigkeit dienen. Diese Funktionen übernehmen beim Laubholz vorwiegend zwei unterschiedliche Zelltypen. In den Gefäßen, auch Tracheen genannt, erfolgt der Wassertransport, die Faserzellen dienen hier überwiegend der Festigkeit. Das Holz von Laubbäumen wird, je nach Anordnung der wasserleitenden Gefäße auf dem Querschnitt, in Zerstreuporer und Ringporer unterschieden. Sind die wasserleitenden Gefäße etwa gleich groß und gleichmäßig über den Jahrring verteilt, handelt es sich um zerstreutporige Laubhölzer (z. B. Birke, Buche, Linde, Pappel). Bei den ringporigen Arten wird der Unterschied zwischen Frühholz und Spätholz besonders deutlich. Die im Frühjahr gebildeten Gefäße sind größer als die später in der Vegetationsphase entwickelten Zellen. Sie entstehen zu Beginn der Jahrringbildung und sind häufig bereits mit bloßem Auge im Frühholz erkennbar, z. B. bei Eiche, Esche, Ulme oder Robinie.

Bäume sind in der Lage, mit einer veränderten Holzbildung auf Umweltreize zu reagieren. Wird ein Baum, z. B. durch Windlast oder durch Schrägstand, einseitig belastet, bildet das Kambium ein dem Druck bzw. Zug angepasstes Gewebe. Gehölze, die beispielsweise schräg aufgewachsen sind, entwickeln dabei meist einen ovalen Stammquerschnitt. Dieses Gewebe wird auch als Reaktionsholz bezeichnet. Im Nadelholz entsteht dieses i. d. R. auf der Astunterseite bzw. auf der Druckseite des Stammes und wird Druckholz genannt. Laubbäume bilden dagegen auf der Astoberseite bzw. auf der Zugseite des Stammes häufig so genannte Zugholz aus.

Die **Krone** ist der obere Baumteil und besteht aus Stämmlingen, Ästen und Zweigen sowie der Belaubung bzw. Benadelung. Die Kronengröße bzw. -form hängt von der Baumart sowie dem verfügbaren Raum ab. In der Krone befindet sich die für die Photosynthese erforderliche Nadel- bzw. Blattmasse. Von hier aus werden die gebildeten Assimilate im Bast bis zu den Wurzeln im Boden befördert.

Der **Stamm**, die verholzte Hauptachse, trägt die Krone und dient somit der Stabilität eines Baumes. Zudem ist der Stamm das verbindende Element für Leitungsprozesse zwischen der Krone und dem Wurzelbereich. Das von den Wurzeln aufgenommene Wasser sowie die darin gelösten Nährsalze werden im Holz nach oben in die Krone transportiert. Im Bast werden die in der Krone gebildeten Assimilate zu den Wurzeln geleitet.

Die **Wurzeln** von Bäumen dienen der Verankerung im Boden und der Versorgung mit Wasser und Nährstoffen. Entscheidend hierfür ist auch die Intensität und Art des Wurzelwachstums. Die Form der Wurzelansprache ist abhängig von der Baumart sowie vom Standort des Baumes. Allgemein wird in Flach-, Herz- oder Pfahlwurzelsysteme unterschieden. In der Stadt sowie an Straßen kann die Wurzelbildung je nach Standortbedingungen sehr verschieden sein. In Bereichen mit Bodenverdichtungen neigen selbst tiefwurzelnde Baumarten eher zu einem flachen Wurzelsystem.

Mit speziellen Wurzelpilzen sind Bäume in der Lage, eine Lebensgemeinschaft einzugehen, der Mykorrhiza (griech. mykes = Pilz, rhiza = Wurzel). Bei dieser Symbiose profitieren beide beteiligten Partner. Einerseits wird dem Baum eine bessere Wasserversorgung sowie eine Bereitstellung von Mineralien durch feine Pilzhyphen gewährleistet und andererseits werden dem Pilzorganismus seitens des Baumes Assimilate zur Verfügung gestellt, die der Pilz nicht selbst herstellen kann.

Wundreaktionen von Bäumen

Im Laufe der Entwicklungsgeschichte haben Bäume sich daran angepasst, auf verschiedene Arten von Verletzung, z. B. Kronenbrüche durch Sturm- oder Blitzschäden, zu reagieren. Nahe der Straße gibt es zudem noch weitere Eingriffe in den Baum, die zu einer Beeinträchtigung führen können. Hierzu zählen vor allem Schnittmaßnahmen in der Krone, Anfahrtschäden am Stamm sowie Wurzelschäden durch Aufgrabungen in Baumnähe (Abb. 2 bis 4). Jede Verletzung des Baumes bewirkt Funktionsstörungen, die Auswirkungen auf die Vitalität und auf die Verkehrssicherheit haben können.



Abb. 2: Größere Astungswunde am Stamm einer Eiche, an der sich bereits ein Überwallungswulst an den Wundrändern gebildet hat



Abb. 3: Typischer Anfahrschaden am unteren Stamm



Abb. 4: Erhebliche Wurzelverletzungen durch Erdarbeiten in unmittelbarer Nähe des Straßenbaums

Nur lebende Zellen sind zu Wundreaktionen im Baum befähigt. Diese sind damit nur im Bast, im Kambium und im Splintholz möglich. Im Bast erfolgt die Abschottung meist engräumig. Das Kambium bildet am Wundrand einen Kallus, der später von außen als Überwallungswulst erkennbar ist und durch den die Wunde nach Jahren vollkommen verschlossen werden kann (Abb. 5).

Wenn im verletzten Holz über die wasserleitenden Elemente (Gefäße und Tracheiden) Luft eindringt, ist ein Wassertransport nicht mehr möglich und es erfolgt somit eine Funktionsstörung des Systems. Ein rascher Verschluss der Leitelemente des Baumes ist daher wichtig, da eine Luftembolie das Absterben von Parenchymzellen bewirkt. Das daraufhin nicht mehr funktionsfähige Gewebe verfärbt sich in der Folge und wird von Schaderregern, z. B. holzerstörenden Pilzen, besiedelt. Die Wundreaktionen im Baum können im Einzelfall sehr unterschiedlich ausgeprägt sein und beginnen stets unmittelbar nach einer Verletzung.

Das CODIT-Prinzip

Grundsätzlich ist hierbei das gleiche **Prinzip** erkennbar: Die Abschottung und Überwallung von Schäden erfolgt in aufeinander folgenden Phasen. Um neueren wissenschaftlichen Erkenntnissen Rechnung zu tragen, wird heute von der „Abschottung von Schäden in Bäumen“ (engl.: Compartmentalization of Damage in Trees = **CODIT**) gesprochen.



Abb. 5: Von den Wundrändern hat der Baum die Wunde vollständig überwältigt und damit den Schaden eingekapseln

Nach dem CODIT-Prinzip gliedern sich die Wundreaktionen in vier Phasen, die nacheinander, zum Teil auch zeitgleich ablaufen können (Abb. 6).

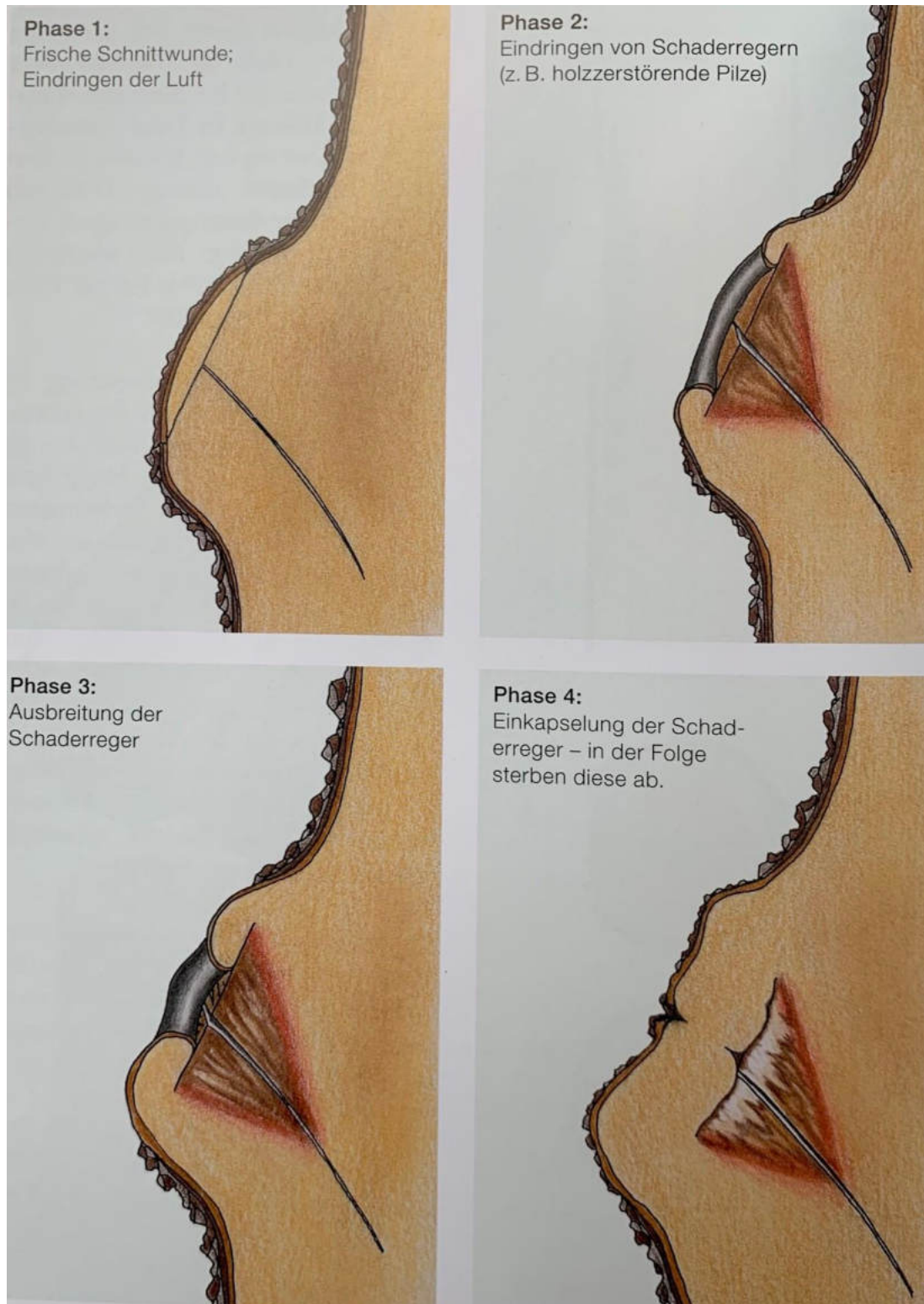


Abb. 6: Das CODIT-Prinzip von der Phase 1 bis zur Phase 4 am Beispiel eines Astschnittes an einer effektiv abschottenden Baumart (Zeichnungen: Gunnar Kleist)

Die vier Phasen des CODIT-Prinzips:

Phase 1: Eindringende Luft

Aufgrund der Luftembolie stirbt das Gewebe in Wundnähe ab.

Als Reaktion bildet:

- die Rinde ein Wundperiderm,
- das Holz eine Grenzschicht zur Abschottung,
- das Kambium am Wundrand einen Kallus sowie in Wundnähe eine Barrierzone.

Phase 2: Eindringen von Schaderregern (z. B. holzerstörende Pilze)

In das abgestorbene Gewebe dringen Schaderreger ein:

- in der Rinde bis zum Wundperiderm,
- im Holz bis zur Grenzschicht.
- Aus dem Kallus entwickelt sich zeitgleich ein Überwallungswulst.

Phase 3: Ausbreitung der Schaderreger

Vor allem in älteren (tieferen) Holzschichten kann die Grenzschicht durchbrochen werden.

Als Reaktion daraufhin bildet:

- das Holz eine neue Grenzschicht,
- die Barrierzone bildet verstärkt Inhaltsstoffe, wenn die Schaderreger diese erreichen.
- Zeitgleich wachsen die Überwallungswülste weiter aufeinander zu.

Phase 4: Einkapselung der Schaderreger

Die Überwallungswülste verschließen die Wunde. Ist zu diesem Zeitpunkt die Grenzschicht im Holz noch intakt, ist der Schaden damit eingekapselt. In der Folge sterben die Schaderreger ab. Eine weitere Ausbreitung ist nicht mehr möglich. Die Überwallung verschließt die Wunde und kapselt den Schaden ein. Im Anschluss sterben die holzerstörenden Pilze ab. Eine weitere Ausdehnung der Schaderreger ist dann nicht mehr möglich.

Die Einkapselung ist somit die Überlebensstrategie von Bäumen nach Verletzung.

Es gibt jedoch auch Wunden, die nicht engräumig abgeschottet und nachfolgend überwältigt werden können. Kann die Wunde nicht eingekapselt werden, bleiben die Schaderreger aktiv. Die Phase 4 wird dann nicht erreicht.

Bezüglich der Effektivität der Wundreaktionen bestehen teilweise erhebliche Unterschiede je nach Baumart, Wundtyp und Wundgröße, Verletzungszeit und Art der Wundbehandlung.

Aufgrund des Holzaufbaus können einige Baumarten Wunden engräumiger abschotten als andere, d. h. sie weisen im Bereich der Verletzung weniger verfärbtes und damit vom Baum aufgegebenes Holz auf als die schwach abschottenden.

Für in Mitteleuropa vorkommende Baumarten lassen sich daraus folgende Hauptgruppen bilden:

Effektiv abschottend sind: Baumhasel, Eibe, Hainbuche, Gleditsie, Lärche, Linde, Platane, Riesenmammutbaum, Robinie, Rot-Buche, Schurbaum, Ulme und Weißdorn. Ebenfalls dazu gehören der Berg- und Feld-Ahorn sowie die Stiel- und Trauben-Eiche.

Schwach abschottend sind: Apfel, Birke, Erle, Fichte, Hemlock, Götterbaum, Kirsche, Lebensbaum, Mehlbeere, Pappel, Paulownie, Rosskastanie und Weide. Ebenfalls dazu gehören der Silber- und Spitz-Ahorn sowie die Rot-Eiche.

Die **Art der Verletzung** hat, unabhängig von der Baumart, ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf die Abschottung im Holz. Zu unterscheiden sind: Astungswunden und Kronenbrüche, Rindenschäden (z. B. Anfahrtschäden) und Wurzelkappungen. Bei Anfahrtschäden erfolgt überwiegend eine Verletzung des Holzes parallel zur Faser. Derartige Wunden werden zunächst meistens engräumig abgeschottet, bleiben allerdings je nach Wundgröße über viele Jahre offen.

Bei Astungswunden, Kronenbrüchen und Wurzelkappungen wird das Holz quer zur Faser durchtrennt und damit das wasserleitende System geöffnet. In Wundmitte werden hierbei stets ältere Gewebeschichten (Jahrringe) verletzt, die physiologisch weniger aktiv sind und weniger Reservestoffe enthalten. Diese Zellen schotten schwächer ab als das jüngere Gewebe am Wundrand (Abb. 7). Die schwächere Abschottung in der Wundmitte führt zu einer trichterförmigen Verfärbung und später zu Einfaltungen in der Krone, im Stamm bzw. im Wurzelbereich.



Abb. 7: Wundreaktionen an einer Astungswunde: Das ältere Gewebe in Wundmitte schottet schwächer ab als das am Wundrand. Die Folge ist eine kegelförmige Verfärbung im ehemaligen Astansatz. Verfärbtes Gewebe ist abgestorbenes Gewebe

Die **Wundgröße** ist zudem von Bedeutung. Bei zu großen Wunden sind die Reaktionen des Baumes in der Wundmitte so schwach bzw. nicht mehr möglich, dass sich die Fäule unter Umständen bis in den Stamm ausbreiten kann. Bei größeren und somit länger offenen Wunden oder bei schwachwüchsigen Bäumen kann z. B. ein holzerstörender Pilz weiterhin Holzabbau betreiben und unter Umständen die Verkehrssicherheit beeinträchtigen.

Unabhängig von der Art der Wunde und Wundgröße darf von der Stärke der Überwallung jedoch nicht auf die Effektivität der Abschottung geschlossen werden. Einige Baumarten, z. B. Pappeln, überwallen Wunden i. d. R. meist stark, schotten im Holzgewebe allerdings sehr schwach ab. Andere Arten hingegen, z. B. Kiefern, entwickeln nur gering ausgeprägte Überwallungswülste am Wundrand, schotten jedoch im Holz sehr effektiv ab. Da die Abschottungs- bzw. Überwallungsreaktionen durch unterschiedliche Gewebe im Baum erfolgen, kann von der Intensität der einen Reaktion daher nicht auf die Wirksamkeit der anderen geschlossen werden.

Konsequenzen für die Baumkontrolle und Baumpflege

Aus den genannten Gründen gibt es für Schnittmaßnahmen in der ZTV-Baumpflege Vorgaben bezüglich der maximal tolerierbaren Wundgrößen in der Krone bzw. am Stamm: Starkäste (Äste mit einem Durchmesser von über 10 cm) dürfen nicht abgeschnitten werden, bei schwach abschottenden Baumarten gilt dies auch bereits für Grobäste (Äste mit einem Durchmesser über 5 bis 10 cm).

Für den Schnitt von Wurzeln gelten gemäß DIN 18920 folgende Vorgaben: „Wurzeln mit einem Durchmesser ≥ 2 cm dürfen nicht durchtrennt werden.“ Der geringere Grenzwert für das Durchtrennen von Wurzeln liegt in der vielfach beobachteten schwächeren Abschottung von Wurzeln im Vergleich zu den oberirdischen Baumteilen begründet.

Für die Baumkontrolle gilt entsprechend, dass an älteren Astungswunden bzw. Kronenbrüchen mit Durchmessern ab 5 bzw. 10 cm mit tiefer gehenden Einfaltungen gerechnet werden muss. Gleiches gilt für umfangreiche Wurzelkappungen.

Für die Baumkontrolle und die ggf. daraus resultierenden Baumpflegemaßnahmen ist es daher von großer Bedeutung, das Prinzip der Wundreaktionen von Bäumen sowie die verschiedenen Einflussfaktoren zu kennen. Dies bedeutet, dass größere Eingriffe in Krone, Stamm und Wurzeln möglichst zu vermeiden sind bzw. an die jeweilige Abschottungsfähigkeit der Baumart angepasst werden müssen (siehe hierzu auch Kap. 5).

Weiterführende Literatur

Dujesiefken, D.; Liese, W., 2022: Das CODIT-Prinzip – Baumbiologie und Baumpflege. Haymarket Media, Braunschweig, 224 S.

Shigo, A. L., 1990: Die neue Baumbiologie. Bernhard Thalacker Verlag, Braunschweig, 606 S.

ZTV-Baumpflege, 2017: Zusätzlich Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpflege, 6. Ausgabe, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL), Bonn, 82 S.

Autor

Prof. Dr. Dirk Dujesiefken
Institut für Baumpflege,
Brookkehre 60
21029 Hamburg
dirk.dujesiefken@institut-fuer-baumpflege.de